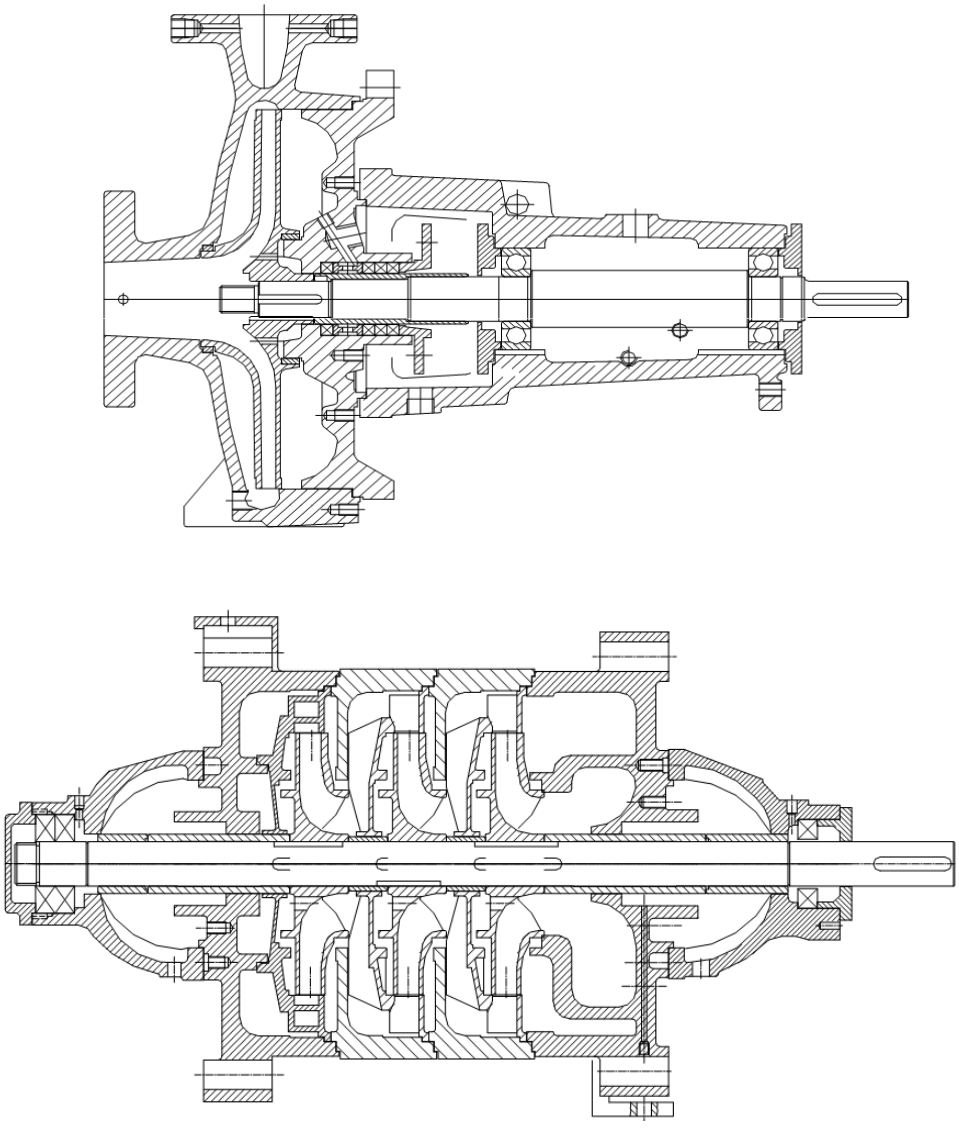
Manutenção e Operação de Bombas Centrífugas



Sumário

página

3 Definição de bombas

5 Bombas centrífugas

22 Forças atuantes

23 Identificação de uma bomba centrífuga

24 Curvas características

26 Cavitação

29 Alinhamento

33 Transporte

34 Instalação

36 Tubulações de sucção e recalque

37 Operação

39 Conservação

39 Manutenção

40 Manutenção preditiva

41 Manutenção preventiva

42 Manutenção corretiva

42 Inspeção e reparo de componentes

44 Itens de troca obrigatória

45 Questionário

Classificação, Tipos e Características das Bombas.

Definição de Bombas:

São máquinas hidráulicas que transferem energia ao fluido com a finalidade de transportá-los de um ponto ao outro.

Classificação das bombas:

As bombas são classificadas basicamente em dois tipos: **hidrostáticas** e **hidrodinâmicas**.

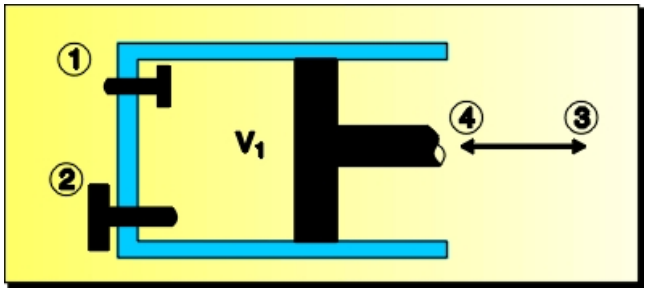
Bombas hidrostáticas:

São bombas de deslocamento positivo, que fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo.

São bombas utilizadas para transmitir força hidráulica em um equipamento industrial.

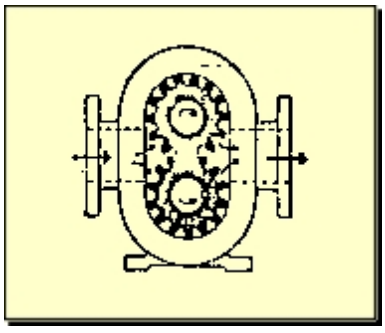
Exemplos:

Bomba de êmbolo

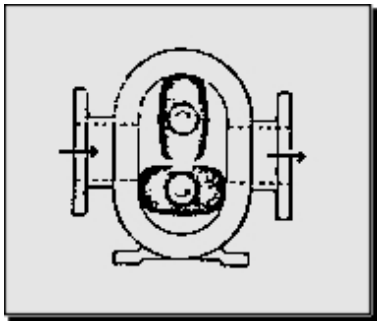


Onde:
1 - Válvula de Admissão
2 - Válvula de Descarga
3 - Movimento de Aspiração
4 - Movimento de Descarga

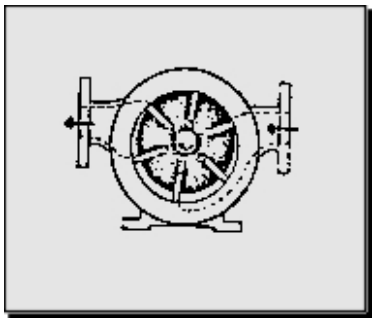
Bombas rotativas de engrenagens:



Bombas rotativas de lóbulos:



Bombas rotativas de palhetas:



Bombas hidrostáticas produzem fluxo de forma pulsativa, porém sem variação de pressão no sistema.

Bombas hidrodinâmicas:

São bombas de deslocamento não positivo, usadas para transferir fluidos e cuja única resistência é a criada pelo peso do fluido e pelo atrito.

Essas bombas raramente são usadas em sistemas hidráulicos, porque seu poder de deslocamento reduz quando aumenta a resistência e também é possível bloquear completamente o seu recalque em pleno regime de funcionamento da bomba. **As bombas centrífugas são bombas hidrodinâmicas**.

Bombas Centrífugas:

São as mais utilizadas pela indústria em geral. Quaisquer processos que exigem movimentação de fluidos, essa movimentação é feita geralmente por uma bomba centrífuga.

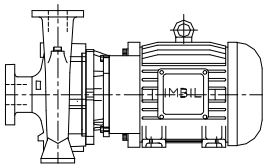
São classificadas de acordo com sua configuração mecânica, tipos de rotores, montagem e quantidades de estágios.

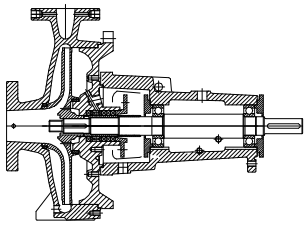
Configuração mecânica:

Com rotor em balanço:

Neste grupo de bombas o rotor, ou rotores, são montados na extremidade posterior do eixo de acionamento que, por sua vez, é fixado em balanço sobre um suporte de mancais. Este grupo de bombas é subdividido em bombas monobloco, onde o eixo da bomba é o próprio eixo do motor acionador e não “mancalizada”, onde eixos de acionamento (da bomba) e acionador (do motor) são distintos.

BOMBAS COM ROTOR EM BALANÇO	
Monobloco	**Mancalizada**
Sucção frontal / Descarga vertical	Em linha (in line)
Em linha (in line)	Com cavalete / suporte
	Em linha de centro (API 610)
	Bomba de poço / vertical

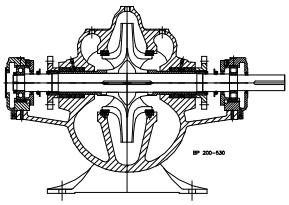


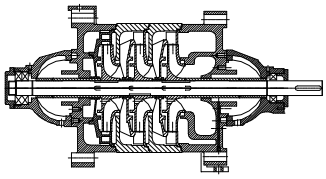


Com rotor entre mancais:

São bombas com rotor, ou rotores, montados no centro do eixo, apoiados por mancais nas extremidades. Este grupo é subdividido em simples e múltiplos estágios

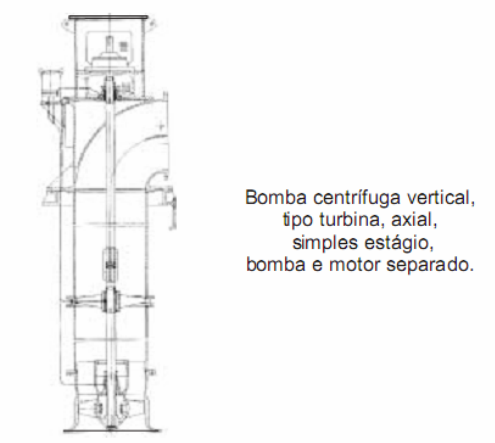
BOMBAS COM ROTOR ENTRE MANCAIS	
Simples estágio	**Múltiplos estágios**
Bi-partidas simples	Bi-partidas simples
Bi-partidas axiais	Bi-partidas axiais





Rotor tipo turbina (verticais):

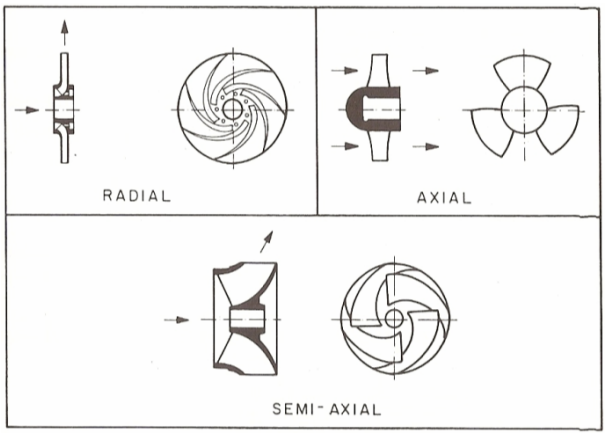
Estas bombas podem ser subdivididas em bombas de poço profundo, bombas tipo barril, múltiplos ou único estágio, rotores radiais ou semi-axiais, bombas submersíveis para poços artesianos, etc.



Bomba centrífuga vertical,
tipo turbina, axial,
simples estágio,
bomba e motor separado.

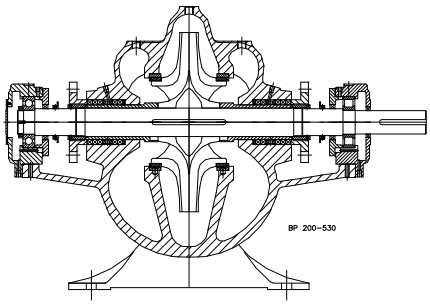
Tipos de rotores:

Rotores podem ser radiais, axiais ou semi-axiais:

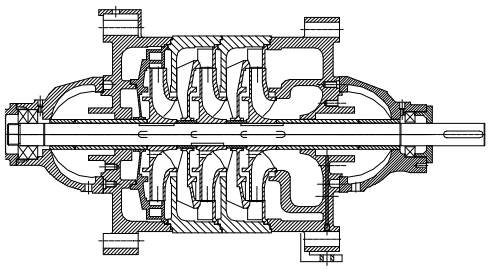


Montagem:

Bi-partido axialmente



Bi-partido radialmente

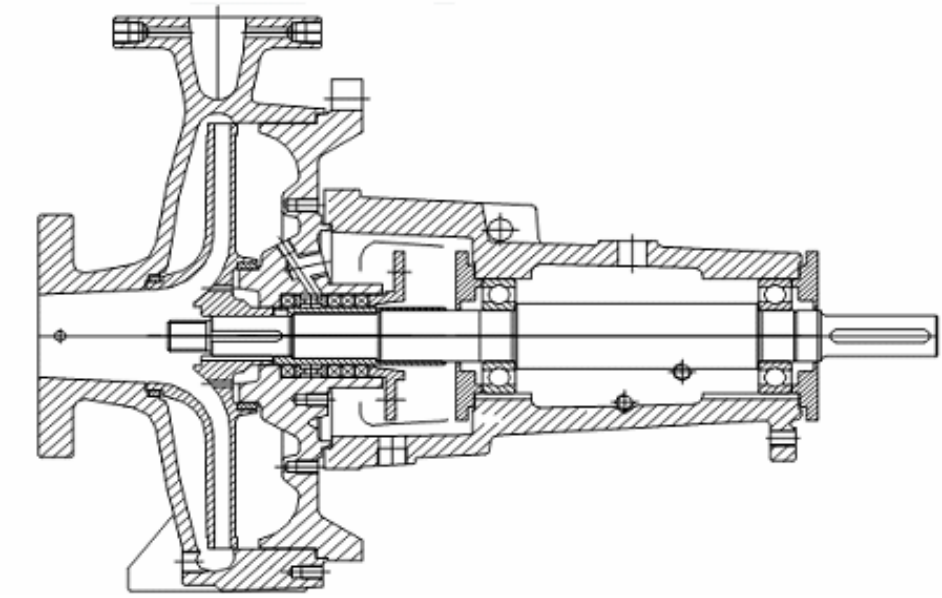


Quantidades de estágios:

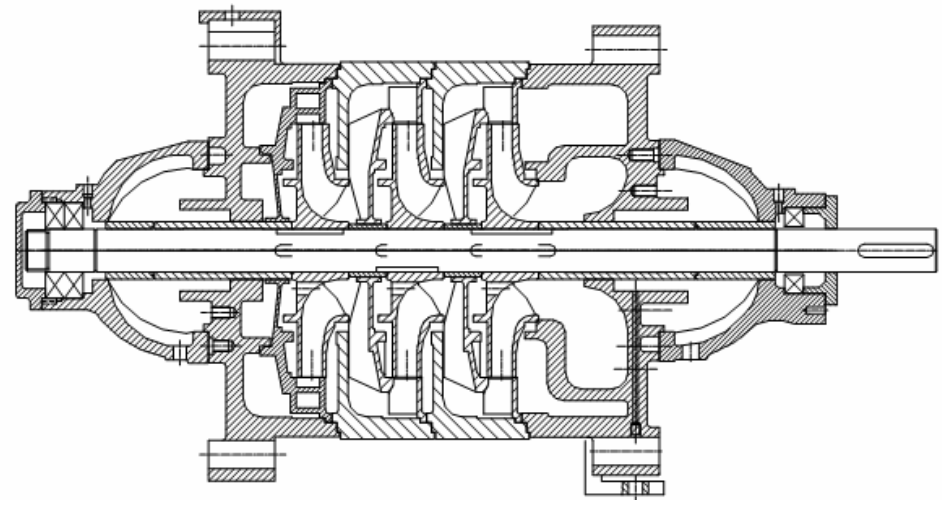
Bombas multi-estágios são bombas que possuem mais de um rotor, com a finalidade de aumentar a pressão (altura manométrica total). O número de estágios depende do número de rotores.

Bombas de simples estágio são bombas que possuem apenas um rotor.

BOMBA HORIZONTAL - MONOESTÁGIO



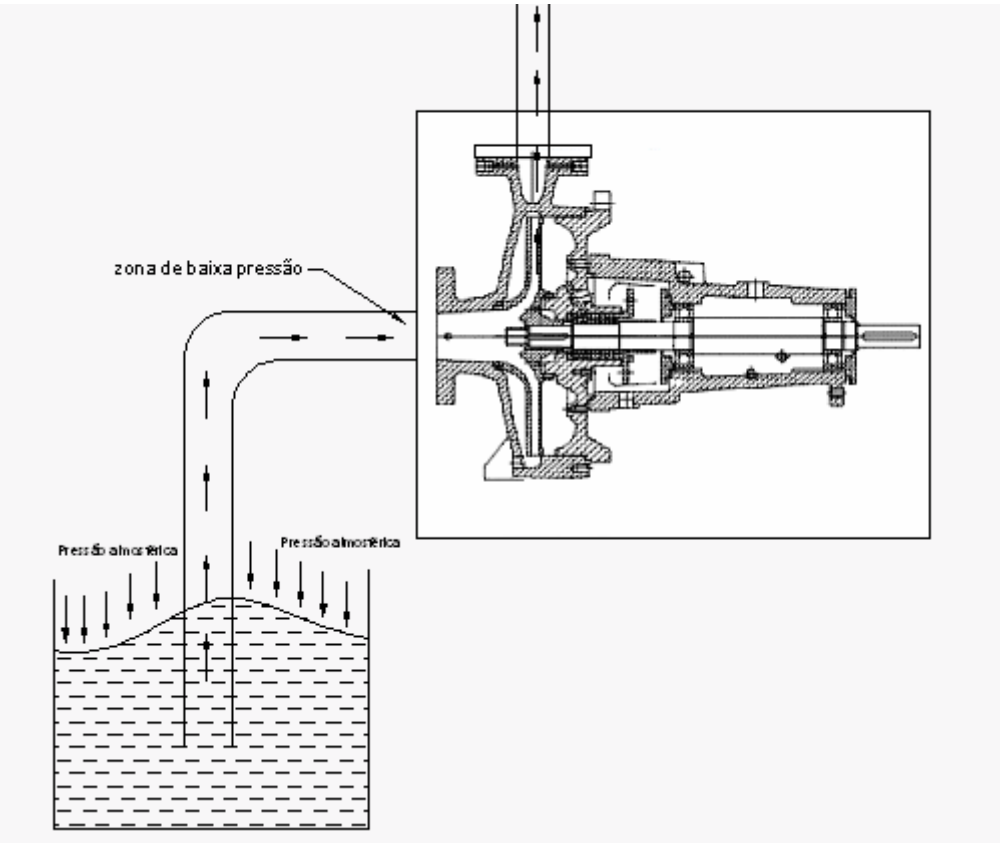
BOMBA HORIZONTAL MULTI-ESTÁGIO



Funcionamento de uma bomba centrífuga:

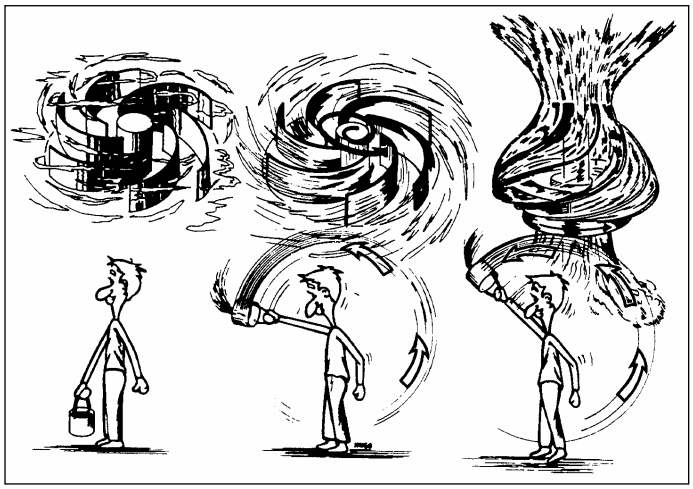
Uma bomba centrífuga é geralmente acionada por um motor elétrico ou em alguns casos por motores estacionários a diesel. O eixo da bomba acopla com o eixo do motor que faz com que o rotor gire.

O giro do rotor provoca uma queda de pressão (vácuo) na linha de sucção, fazendo com que essa pressão seja menor do que a pressão atmosférica. A pressão atmosférica, agora maior do que a pressão na tubulação de sucção, “empurra” o fluido para dentro da bomba. O fluido agora dentro da bomba é forçado a sair pela ação da **força centrífuga** imposta pelo giro do rotor.



Uma maneira simples de explicar como age a força centrífuga, é a seguinte:

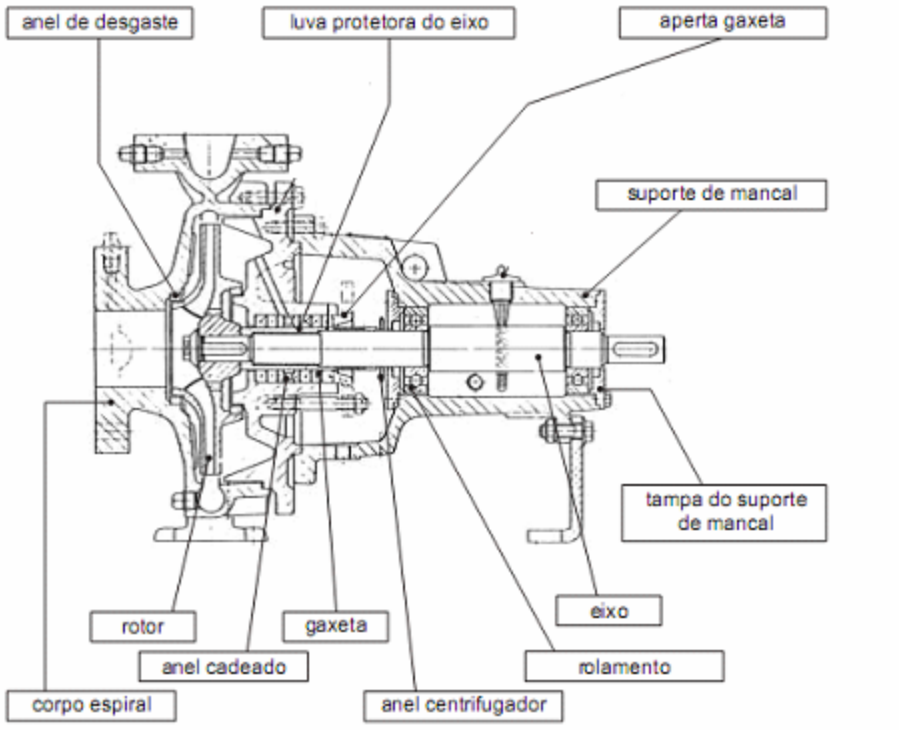
Quando giramos um balde contendo água acima de uma certa velocidade, a água não cai. A força que mantém a água no balde é a força centrifuga.



Componentes de uma bomba centrífuga:

Os principais componentes de uma bomba centrífuga são:

- rotor
- corpo espiral
- difusor (em bombas mult-estágio)
- eixo
- luva protetora do eixo
- anel cadeado
- anel centrifugador
- anéis de desgaste
- caixa de selagem (gaxetas ou selos mecânicos)
- suporte do mancal
- mancais.

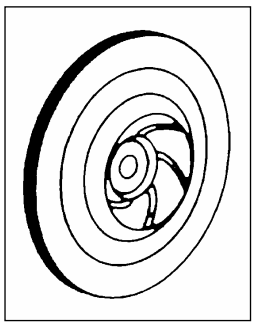


Rotor:

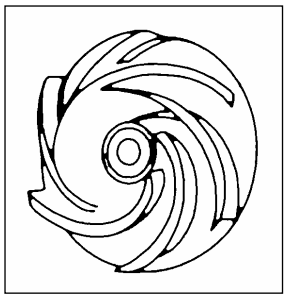
Rotor ou impelidor é o componente giratório, dotado de pás que tem a função de transformar a energia mecânica de que é dotado em energia de velocidade e energia de pressão. Quanto a outras classificações podem ser:

- fechado
- semi-aberto
- aberto

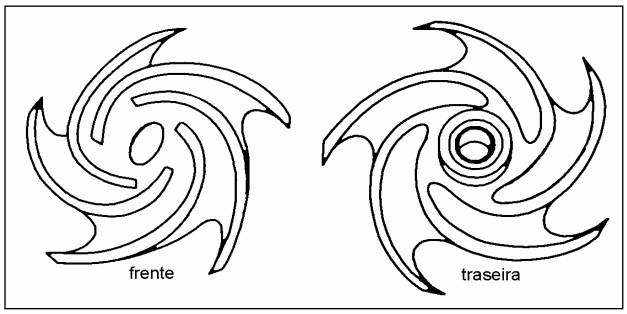
Rotor fechado: são os mais utilizados e apresentam maiores rendimentos em operação que os demais.



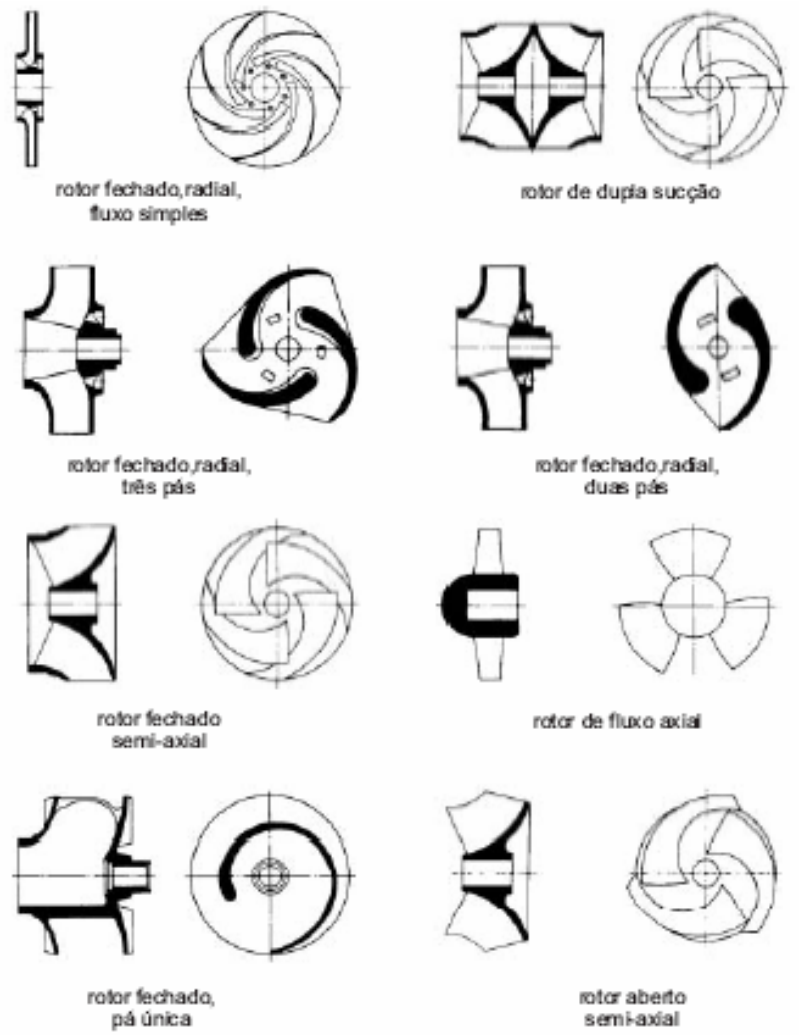
Rotor semi-aberto: são utilizados para bombeamento de fluidos com partículas sólidas.



Rotor aberto: são utilizados para bombeamento de fluidos com grandes partículas sólidas e massas pesadas.



Alguns tipos de rotores especiais:


rotor fechado, radial, fluxo simples
rotor de dupla sucção
rotor fechado, radial, três pás
rotor fechado, radial, duas pás
rotor fechado semi-axial
rotor de fluxo axial
rotor fechado, pá única
rotor aberto semi-axial

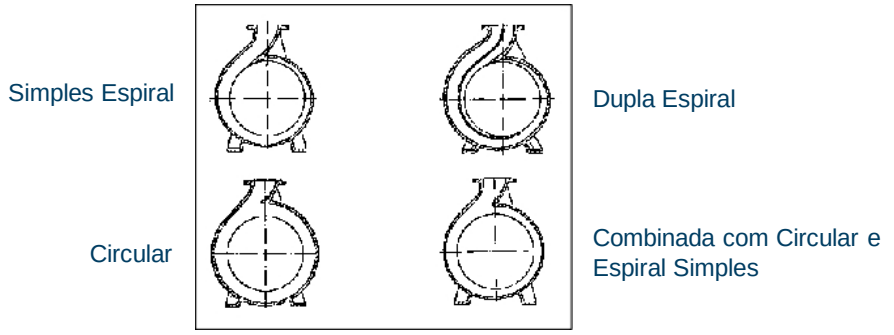
Exemplos de aplicação dos rotores:

CARACTERÍSTICA DO FLUIDO	**TIPO DE ROTOR**
Fluidos limpos com baixo conteúdo de sólidos em suspensão e de diâmetros limitados.	Rotor fechado, semi-aberto ou aberto
Fluidos viscosos sem sólidos	Rotor fechado, semi-aberto ou aberto
Fluidos viscosos com sólidos	Rotor semi-aberto ou aberto. Verificação da passagem máxima de sólidos
Fluidos com sólidos de tamanho elevado	Rotor fechado de uma pá
Massa acima de 3%, esgoto bruto	Rotor aberto
Caldo de cana	Rotor fechado

Corpo espiral:

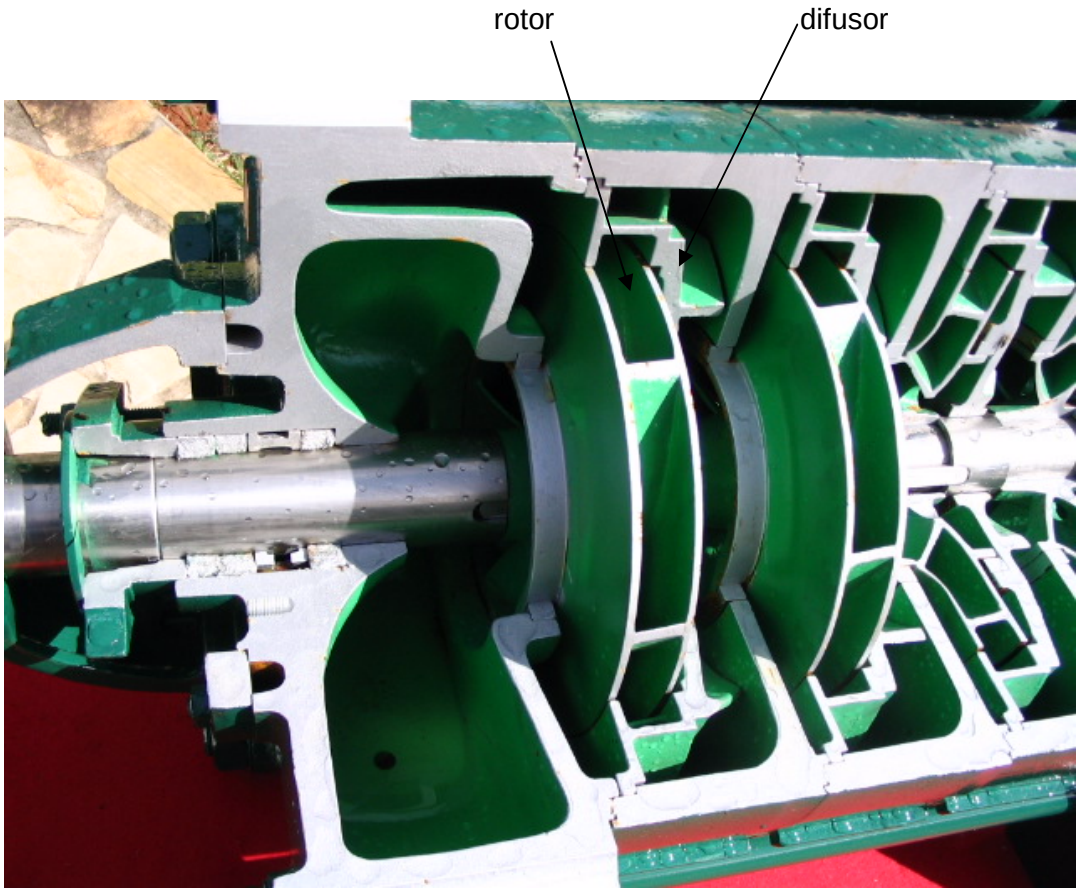
Completa a transformação da energia cinética em energia de pressão, além de conter o líquido bombeado.

Tipos de carcaça:



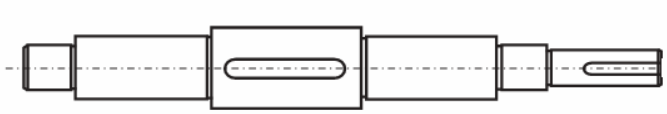
Difusor:

São utilizados em bombas multi-estágios e servem para direcionar o fluido para o próximo estágio.



Eixo:

Tem a função de transmitir o torque do motor para o rotor.



eixo de uma bomba
com rotor entre mancais

Recomenda-se nos acentos dos rolamentos, deixar os diâmetros com ajuste k6 e um batimento radial (empenamento) máximo de 0,025 mm.

Luva protetora do eixo:

Tem a função de proteger o eixo contra a corrosão, erosão e desgaste do líquido bombeado. Recomenda-se trocar a luva quando esta perder 1 milímetro em seu diâmetro devido ao desgaste.

Anel cadeado:

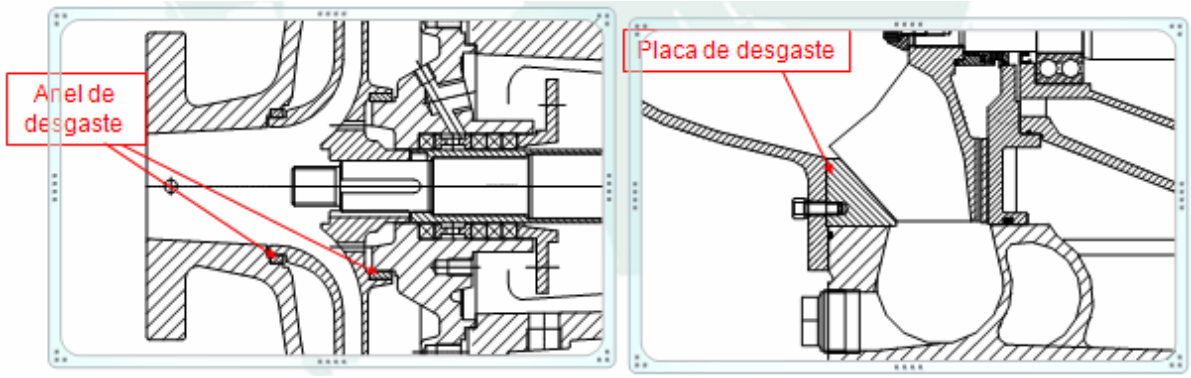
Tem a função de lubrificar e refrigerar as gaxetas. Cria um anel líquido de vedação que impede a entrada de ar. Pode ser bi-partido.

Anel centrifugador:

Tem a função de impedir a entrada de umidade do fluido bombeado para os mancais e rolamentos.

Anéis de desgaste e placas de desgaste:

São peças montadas na carcaça do rotor que mediante pequena folga, fazem a vedação entre as regiões de sucção e descarga. Seu baixo custo evita a substituição de peças mais caras como rotores e carcaça. Em geral são montados os anéis de desgaste para rotores fechados e placas de desgaste para rotores abertos.



Quando os anéis apresentam folga excessiva, poderá ocorrer recirculação de fluido nessa folga e conseqüentemente perda de pressão. Se a folga for muito menor, provavelmente ocorrerá travamento e conseqüente quebra da ponta do eixo. Em geral as folgas, tanto para anéis quanto para placas, recomendadas são:

- para rotores de INOX: folga diametral de 0,8 a 1,0 mm
- para rotores de Ferro Fundido: folga diametral de 0,4 a 0,6 mm.

A montagem na carcaça deve ser feita com interferência de 0,03 mm e sua espessura 1 mm menor do que a profundidade da carcaça, para facilitar sua retirada.

Caixa de selagem:

A caixa de selagem tem como principal objetivo proteger a bomba contra vazamentos nos pontos onde o eixo passa através da carcaça. Os principais sistemas de selagem utilizados em bombas centrífugas são:

- Gaxetas
- Selo mecânico.

Gaxetas:

Podemos definir gaxetas como um material deformável, utilizado para prevenir ou controlar a passagem de fluidos entre duas superfícies que possuam movimentos, uma em relação à outra.

Gaxetas são construídas de fios trançados de fibras vegetais (juta, rami, algodão), ou fibras sintéticas. De acordo com o fluido a ser bombeado, temperatura, pressão, ataque químico, etc., determina-se um ou outro tipo de gaxeta.

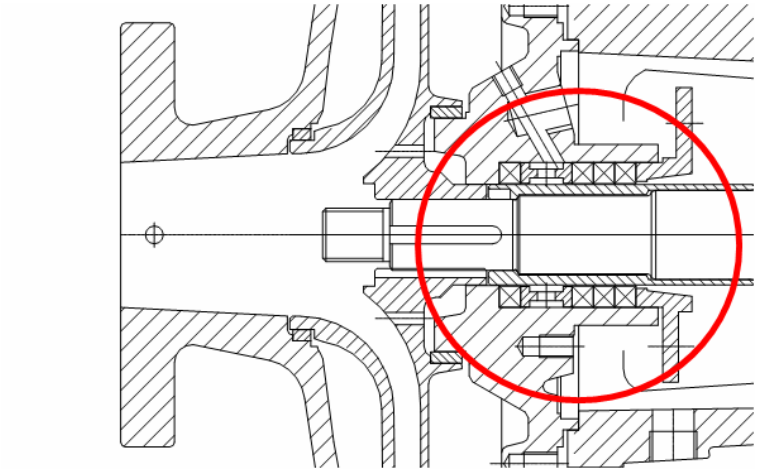
A função das gaxetas varia com a performance da bomba, ou seja, se uma bomba opera com sucção negativa, sua função é prevenir a entrada de ar para dentro da bomba.

Entretanto, se a pressão é acima da atmosférica, sua função é evitar vazamento para fora da bomba.

Para bombas de serviços gerais, a caixa de gaxetas usualmente tem a forma de uma caixa cilíndrica que acomoda um certo número de anéis de gaxeta em volta do eixo ou da luva protetora do eixo.

A gaxeta é comprimida para dar o ajuste desejado no eixo ou na luva protetora do eixo por um aperta gaxetas que se desloca na direção axial. **Vedações de eixo por gaxetas necessitam de um pequeno vazamento para garantir a lubrificação e a refrigeração na área de atrito das gaxetas como eixo ou coma luva protetora do eixo**. Geralmente entre os anéis de gaxetas, faz-se a utilização de um anel cadeado ou anel lanterna. Sua utilização se faz necessária, quando, por exemplo, o líquido bombeado contiver sólidos em suspensão, que poderão se acumular e impedir a livre passagem de líquido e impedindo a lubrificação da gaxeta.

Com isto, ocorrerá o desgaste excessivo no eixo e na gaxeta por esmerilhamento. Este sistema consiste na injeção de um líquido limpo na caixa de gaxetas. Este líquido chega até os anéis de gaxetas através de um anel perfurado chamado de anel cadeado. Este líquido pode ser o próprio fluido bombeado injetado sobre o anel cadeado por meio de furações internas ou por meio de uma derivação retirada da boca de descarga da bomba.



Recomendações para substituição das gaxetas:

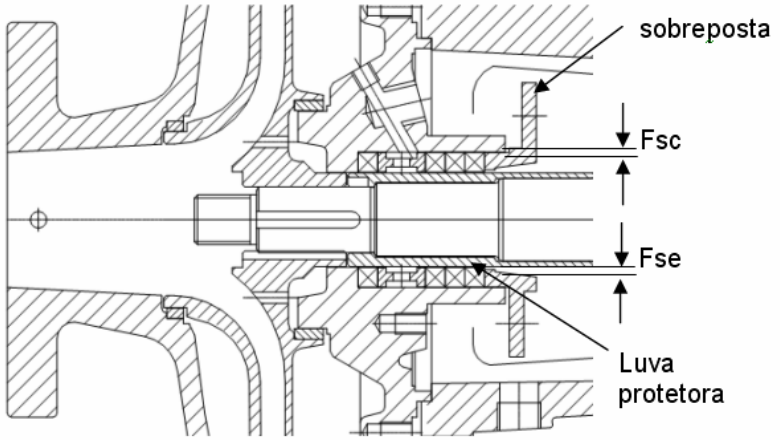
Gaxetas deverão ser substituídas quando apresentarem vazamentos excessivos que não são possíveis de controlar através do ajuste da sobreposta.

1. Remover os anéis de gaxetas velhos e o anel cadeado com auxílio de uma ferramenta em forma de gancho ou espiral. Tome a precaução de fechar o registro de recalque, pois ao soltar a sobreposta, as gaxetas ficam livres e o peso da coluna do fluido bombeado, pode afastar bruscamente os anéis de gaxetas, fazendo com o fluido bombeado cause acidentes.

2. Limpe a caixa de selagem e o eixo (ou luva protetora). Observe as condições de rugosidade, deformação e desgaste da caixa e do eixo (ou luva). A rugosidade não deve ser maior de 0,8 µm.

3. Quando possível, faça o controle dimensional da caixa de selagem. As tolerâncias recomendadas são:

- Folga entre a sobreposta e o eixo (Fse) = de 0,40 a 050 mm
- Folga entre a sobreposta e a caixa (Fsc) = de 0,25 a 0,30 mm
- Batimento radial (empenamento) máximo do eixo = 0,025 mm



4. Conferir a bitola correta da gaxeta pela fórmula:

$$\frac{\text{Ø da caixa} - \text{Ø do eixo}}{2}$$

5. Conferir o número correto de anéis de gaxeta e a posição do anel lanterna.

$$\text{Nº de anéis} = \frac{\text{profundidade da caixa de gaxetas}}{\text{bitola da gaxeta}}$$

6. Utilizar uma fita de PTFE “veda-rosca” ou fita crepe em volta no local da gaxeta onde será efetuado o corte, de modo que as fibras não se abram.

7. O comprimento dos anéis pode ser determinado através das fórmulas:

L = (1,3 x S + D) x 3,14 (para bitolas até ½”)

L = ((1,3 x S + D) x 3,14) + (S para bitolas acima de ½”)

L = comprimento do anel

S = bitola da gaxeta

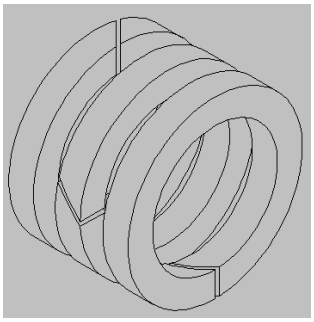
D = diâmetro do eixo ou da luva protetora.

8. Efetuar o corte dos anéis com um dispositivo de corte a 45º (para bitolas de até ½”) ou 90º (para bitolas acima de ½”). No caso de corte a 45º, fazer com que no fechamento do anel, os cortes se fechem.

9. Lubrificar os anéis um a um. Nunca utilizar graxa, utilizar um lubrificante compatível com a utilização, exemplo óleo mineral, vaselina ou silicone.

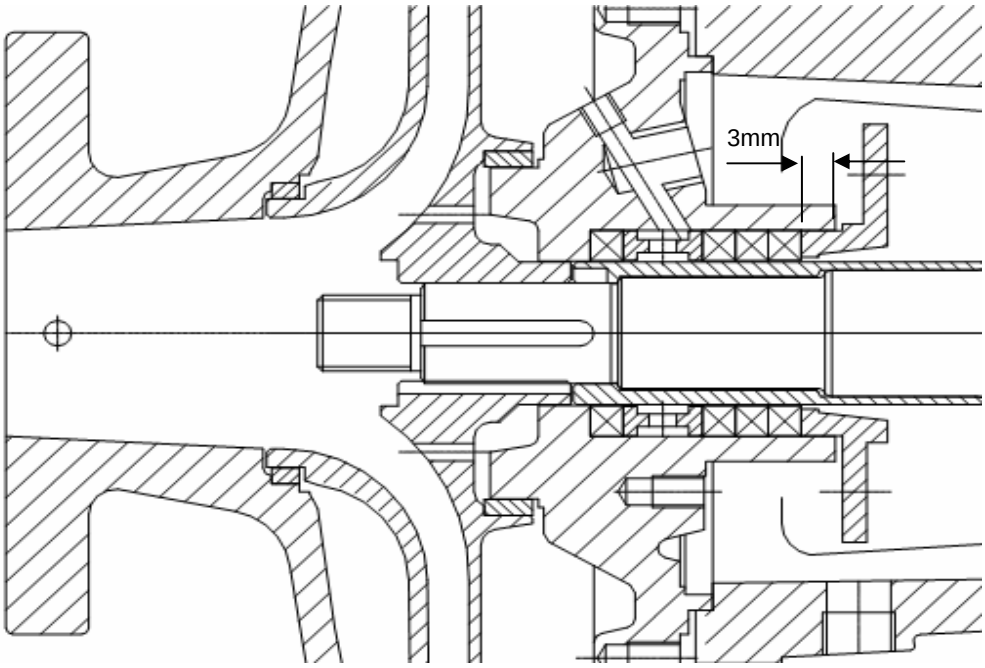
10. Com auxílio de uma ferramenta específica ou da própria sobreposta, empurre um anel de cada vez até o fundo da caixa.

11. Instalar os anéis de tal forma que fiquem defasados a 90º entre si. Sempre no último anel junto a sobreposta, a emenda deverá estar virada para baixo, evitando que o gotejamento gire junto com o eixo, formando um chuveiro.



12. Posicionar corretamente o anel cadeado, medindo ou contando o número de anéis de gaxetas até o local do furo de injeção, de modo que o início do anel coincida do o furo de injeção. Na maioria das bombas, se coloca um anel de gaxeta, depois o anel cadeado e depois o restante dos anéis de gaxeta, mas isso não é uma regra, o catálogo do fabricante deve ser consultado.

13. Após instalar o último anel, encostar as porcas da sobreposta com a mão até a sobreposta encostar-se ao último anel de gaxeta. Lembrando que a sobreposta deve penetrar na caixa de gaxetas no mínimo 3 mm, para evitar que o último anel de gaxeta vaze pela folga existente entre a sobreposta e a caixa.



14. Se a lubrificação das gaxetas for externa, ligar primeiro o sistema de lubrificação antes da partida da bomba, a fim de iniciar o giro do eixo com as gaxetas já lubrificadas.

15. Ligar a bomba e regular o gotejamento apertando ou soltando a sobreposta. Lembre-se de apertar os dois lados por igual, caso contrário corre-se o risco de quebrar as abas da sobreposta. O gotejamento aproximado é de 1 gota por segundo.

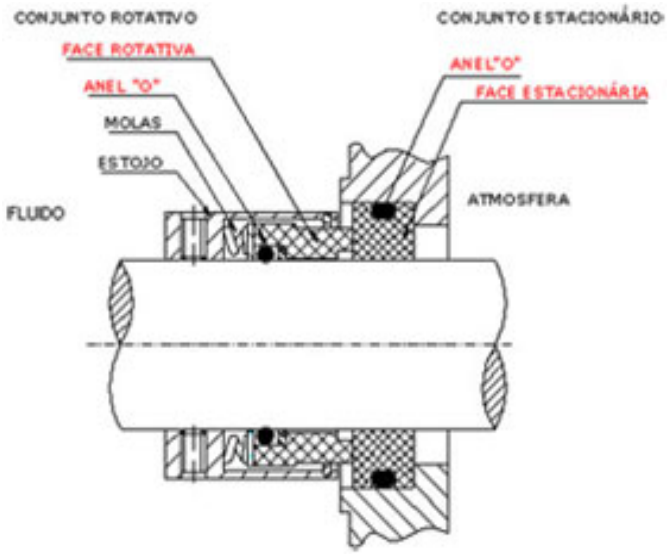
16. Verificar semanalmente o gotejamento das gaxetas.

Selo Mecânico:

Quando o líquido bombeado não pode vazar para o meio externo da bomba, por um motivo qualquer (líquido inflamável, tóxico, corrosivo, mau cheiroso ou quando não se deseja vazamentos) utiliza-se um outro sistema de selagem chamado de selo mecânico.

Embora os selos mecânicos possam diferir em vários aspectos físicos, todos têm o mesmo princípio de funcionamento. As superfícies de selagem são localizadas em um plano perpendicular ao eixo e usualmente consistem em duas partes adjacentes e altamente polidas; uma superfície ligada ao eixo e a outra à parte estacionária da bomba.

Estas superfícies altamente polidas são mantidas em contato contínuo por molas, formando um filme líquido entre as partes rotativas e estacionárias com muito pequena perdas por atrito. O vazamento é praticamente nulo quando o selo é novo. Com o uso prolongado, algum vazamento pode ocorrer, obrigando a substituição dos selos.



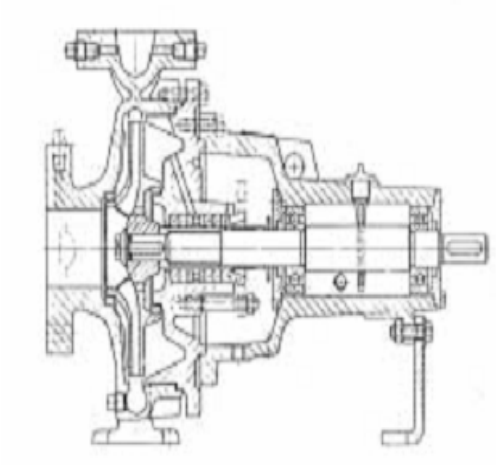
Em geral, comprime-se 1/3 do comprimento da mola para dar a pressão necessária, mas as instruções de montagem do fabricante devem ser consultadas antes da montagem.

O emprego do selo mecânico é menos comum do que o da gaxeta, devido ao seu alto custo.

Suporte do mancal / Cavalete:

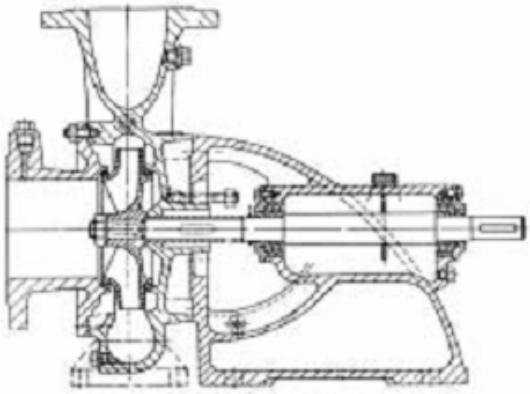
Sua função é alojar os mancais que suportam as forças axiais e radiais.

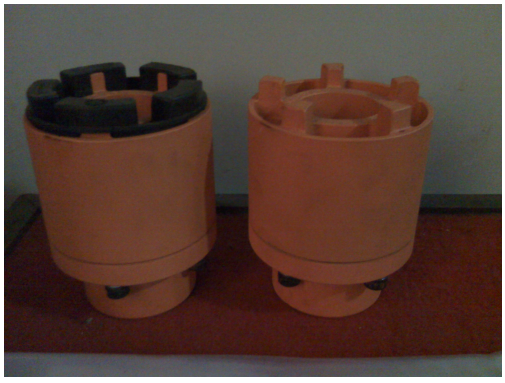
Nas bombas mono-estágios algumas bombas podem apresentar o sistema “back-pull-out” (saída para trás), que permite a retirada do cavalete e o conjunto girante sem desconectar a tubulação de recalque e sucção. Para aproveitar melhor esse recurso, usa-se o acoplamento com um espaçador de no mínimo 100 mm, assim também não será preciso soltar o motor elétrico, não perdendo o alinhamento entre os eixos do motor e da bomba.



suporte de mancal
(bomba back-pull-out)

cavalete de mancal



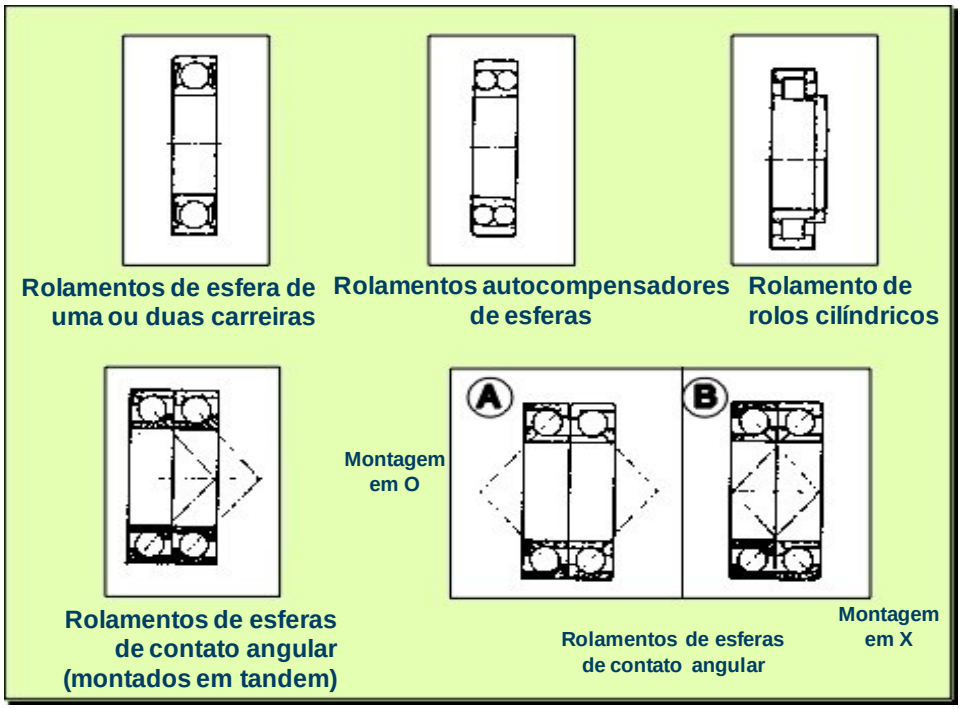


Acoplamento
com espaçador

Mancais / Rolamentos:

Suportam os esforços axiais e radiais resultantes da ação da força centrífuga do equipamento. Qualquer desalinhamento, por menor que seja, reflete na operação e vida útil deste componente.

Usualmente o ajuste dos diâmetros alojamentos dos rolamentos é H7.


Rolamentos de esfera de uma ou duas carreiras
Rolamentos autocompensadores de esferas
Rolamento de rolos cilíndricos
Montagem em O
A
B
Rolamentos de esferas de contato angular (montados em tandem)
Rolamentos de esferas de contato angular
Montagem em X

Rolamentos de esferas de uma ou duas carreias de esferas, suportam bem cargas radiais e pequenas cargas axiais.

Rolamentos auto-compensadores de esferas, suportam bem cargas radiais e pequenas cargas axiais.

Rolamentos de rolos cilíndricos suportam somente cargas radiais.

Rolamentos de esferas de contato angular, montado em tandem, suportam cargas axiais somente em uma direção.

Rolamentos de esferas de contato angular, montado em O ou X suportam cargas axiais nas duas direções.

O mais comum de se encontrar em rolamentos de contato angular, é a montagem em O.

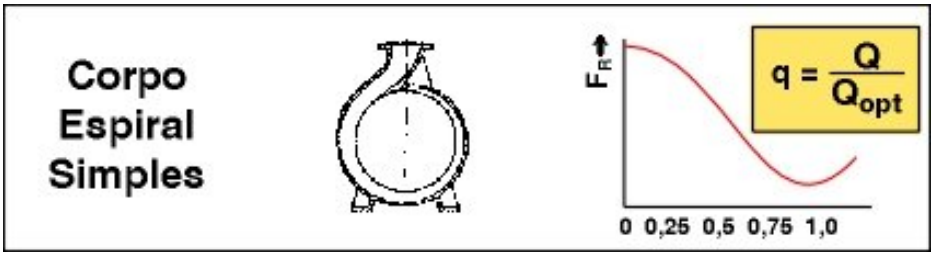
Todos os rolamentos utilizados em bombas centrífugas são de classe de folga radial C3.

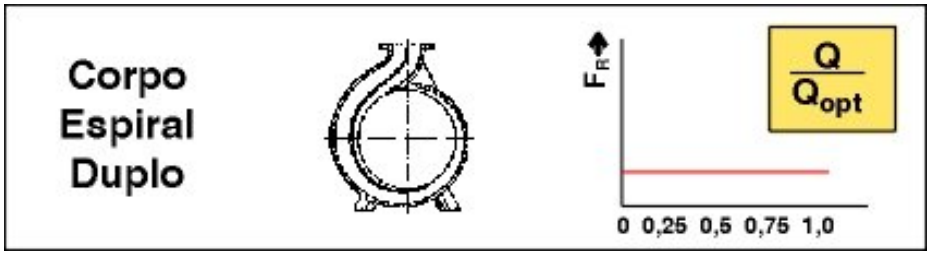
Forças atuantes:

Quando bombas centrífugas estão em operação, surgem forças radiais e axiais sobre o rotor e conseqüentemente sobre todo o conjunto girante. Estas forças devem ser devidamente compensadas ou reduzidas, de forma a termos uma vida útil maior do equipamento e principalmente dos mancais das bombas.

Força Radial:

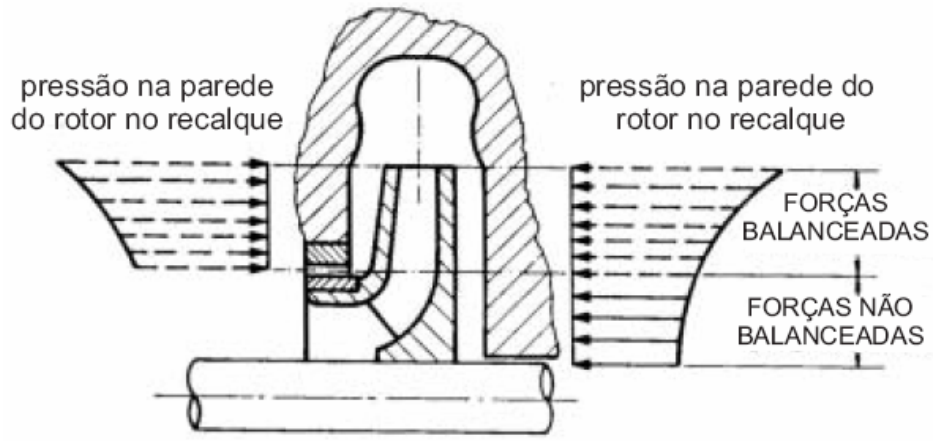
As forças radiais, na tecnologia das bombas centrífugas, envolvem as forças radiais hidráulicas geradas pela interação entre rotor e carcaça ou difusor da bomba. O meio mais empregado para a redução da força radial em bombas centrífugas é a alteração do corpo espiral:





Força Axial:

São forças geradas através do desequilíbrio causado pela diferença de pressão no rotor.



Uma das maneiras mais usuais em bombas centrífugas para reduzir a ação da força axial, é a utilização de rotores com furos passantes em sua face, assim o fluido bombeado passa por esses furos ficando atrás do rotor, criando um calço hidráulico.

Identificação de uma bomba centrifuga:

Toda bomba centrífuga acompanha uma numeração para sua identificação.

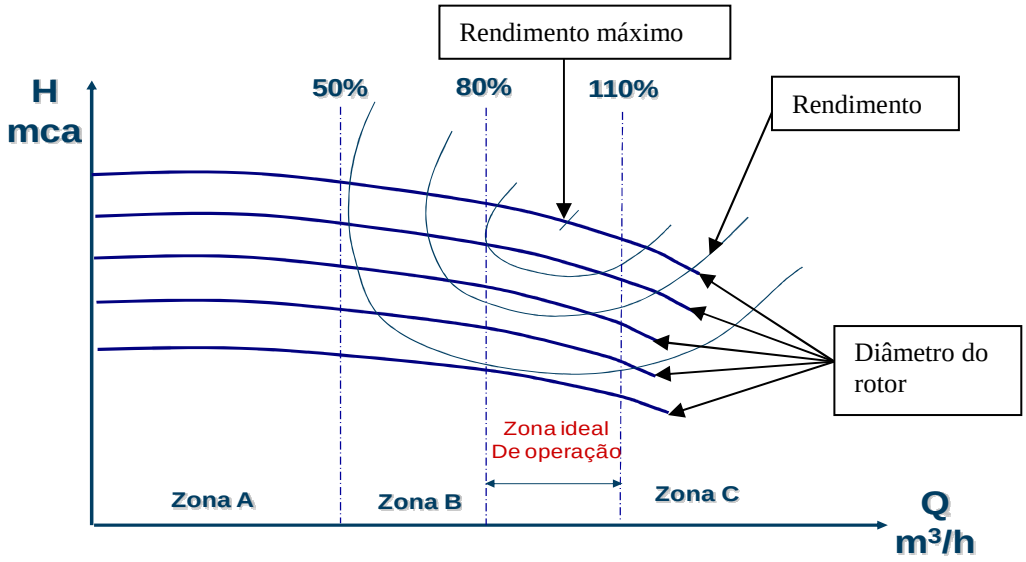
Em geral é feita por letras e números, por exemplo:

XXX 125-315 / 2

As letras correspondem ao modelo do fabricante, o primeiro valor, no caso o 125, corresponde ao diâmetro do flange do recalque, e o segundo valor, no caso o 315, corresponde a faixa nominal do diâmetro do rotor. Se acompanhar outro número, como no exemplo o “/ 2” esse valor corresponde ao número de estágios da bomba.

Curvas características das bombas

Todo fabricante de bombas centrífugas deve apresentar as curvas características de suas bombas indicando a performance da bomba. Elas são importantes para a escolha certa da bomba em função do ponto de projeto do sistema.



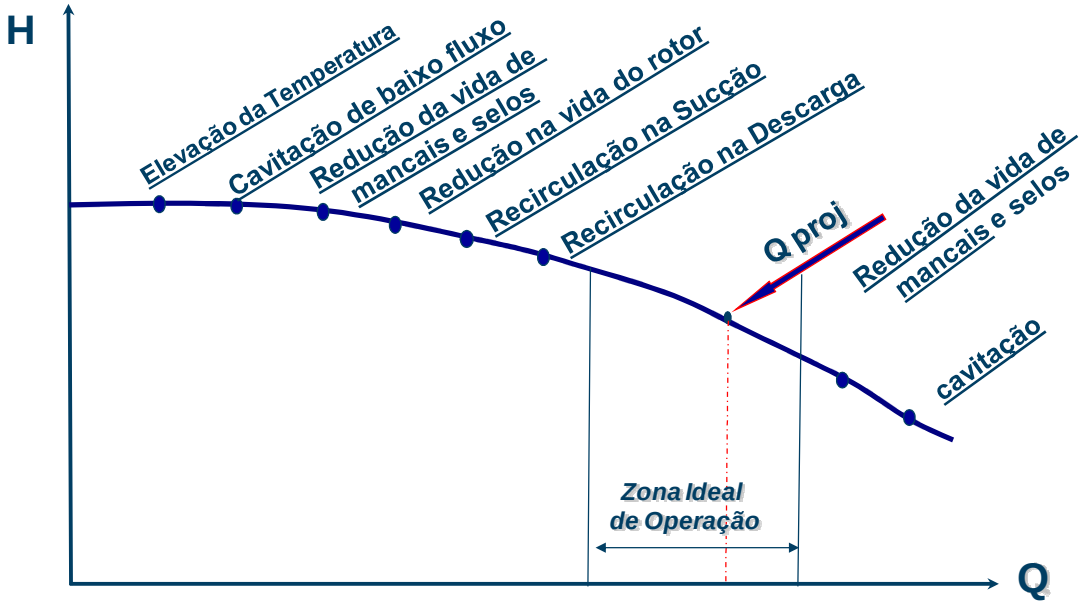
A coluna H indica a altura manométrica em mca e a linha Q a vazão em m^3/h. A escolha da bomba deve ser feita fazendo com que o ponto de projeto do sistema fique o mais próximo do rendimento máximo da curva.

Rendimento: energia consumida para realizar um trabalho.

Quanto maior o rendimento da bomba, menos energia ela gastará para realizar o bombeamento, isto é, em se tratando de um motor elétrico que aciona a bomba, menor será o consumo de energia elétrica.

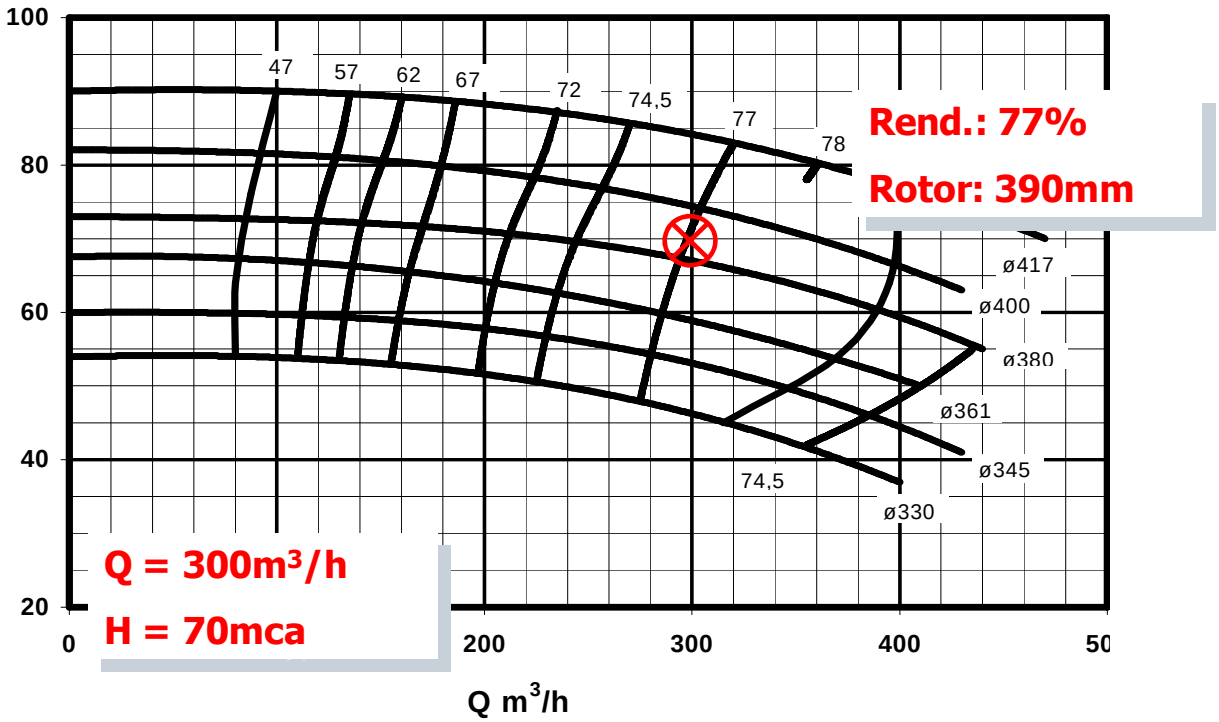
O gráfico mostra três zonas de operação, sendo que a zona A é onde tem menor rendimento e não deveria ser utilizada, pois seu rendimento é muito baixo, consumindo mais energia que o necessário. A zona B é considerada aceitável. Na zona C, pode ocorrer uma sobre carga do sistema, ou seja, o motor produz uma energia além do necessário para realizar o trabalho, sendo desperdiçada na forma de calor.

Operação fora da condição de rendimento máximo:

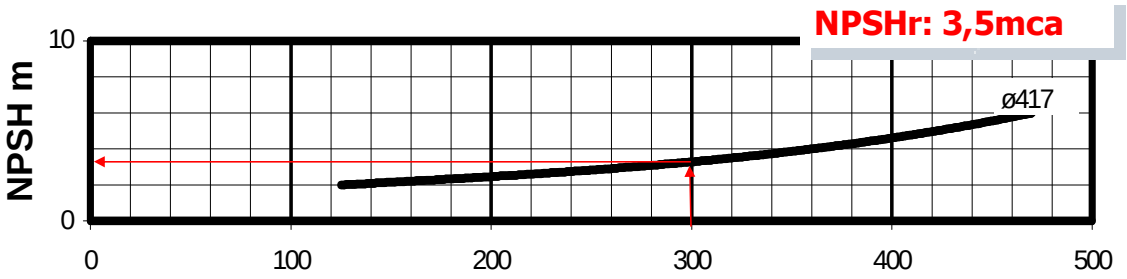


Curvas de catálogo:

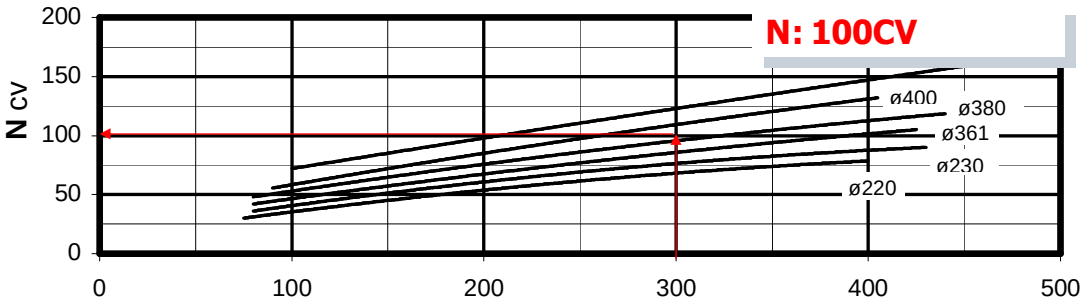
Exemplo de uma curva de performance de uma bomba



Exemplo de uma curva de NPSHr de uma bomba



Exemplo de uma curva de potência de uma bomba



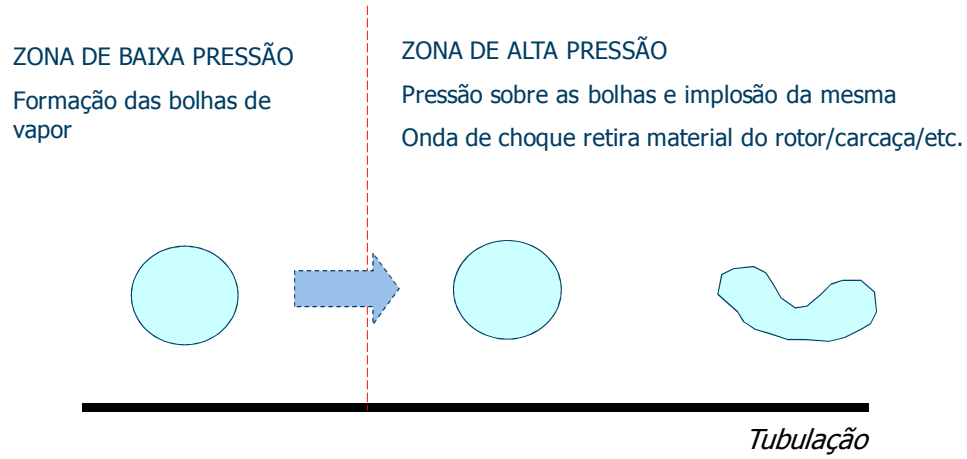
Cavitação:

A bomba centrífuga requer na sua entrada (sucção) uma pressão suficiente para garantir o seu bom funcionamento. Caso essa pressão seja demasiadamente baixa, atingindo a pressão de vapor, haverá a formação de vapor.

As bolhas de vapor são conduzidas pelo fluxo até atingir pressões mais elevadas no interior da bomba onde ocorre a implosão das mesmas com a condensação do vapor e retorno ao estado líquido.

Este fenômeno causa a retirada de material da superfície do rotor e da carcaça, sendo acompanha- do de vibrações e ruído característico ao de um misturador de concreto.

A cavitação pode ocorrer em maior ou menor intensidade. Quando ocorre em pequena intensidade seus efeitos são quase imperceptíveis. Já em grande intensidade, ocorrem vibrações que comprometem a vida dos componentes mecânicos.


ZONA DE BAIXA PRESSÃO
Formação das bolhas de vapor
ZONA DE ALTA PRESSÃO
Pressão sobre as bolhas e implosão da mesma
Onda de choque retira material do rotor/carcaça/etc.
Tubulação

Ciclos podem chegar a 25.000/s e pressões localizadas nas partes metálicas na ordem de 1.000 atm (ou 1.000 bar ou 10.000 mca).

Conseqüências da cavitação:

Os efeitos da cavitação dependem do tempo de duração, intensidade da cavitação, propriedade do líquido e resistência do material à erosão por cavitação, ou seja, a cavitação causa barulho, vibração, alteração das curvas características e danificação ou "pitting" do material. O barulho e vibração são provocados principalmente pela instabilidade gerada pelo colapso das bolhas.

Sintomas da cavitação:

Ruído Característico: A cavitação produz um ruído semelhante de “de grãos de areia” ou “bolas de gude”.

Vibração Característica: O colapso produz excitações denominadas aleatórias, que se caracterizam por excitar freqüências naturais (ressonâncias).

Alterações na performance: Dependendo da intensidade pode-se observar variações na pressão de descarga, visto no pela oscilação do Manômetro. Perdendo até mesmo a vazão.

Oscilações nas Indicações da Corrente: É uma conseqüência direta das alterações na performance, tendo em vista que a potência consumida é função da pressão (AMT) e da Vazão, que variam em uma condição de cavitação.

Causas da cavitação:

As causas da cavitação estão ligadas ao mau dimensionamento da linha de sucção e do NPSH requerido pelo sistema.

NPSH – Net Positive Suction Head (Energia Positiva de Sucção).

É um dos mais polêmicos termos associado a bombas, porém sua compreensão é essencial para o bom funcionamento. Assim devemos entender os conceitos de NPSH disponível e requerido.

NPSH disponível

É uma característica da instalação em que a bomba opera, isto é, pressão disponibilizada pela instalação para um determinado fluido.

NPSH requerido

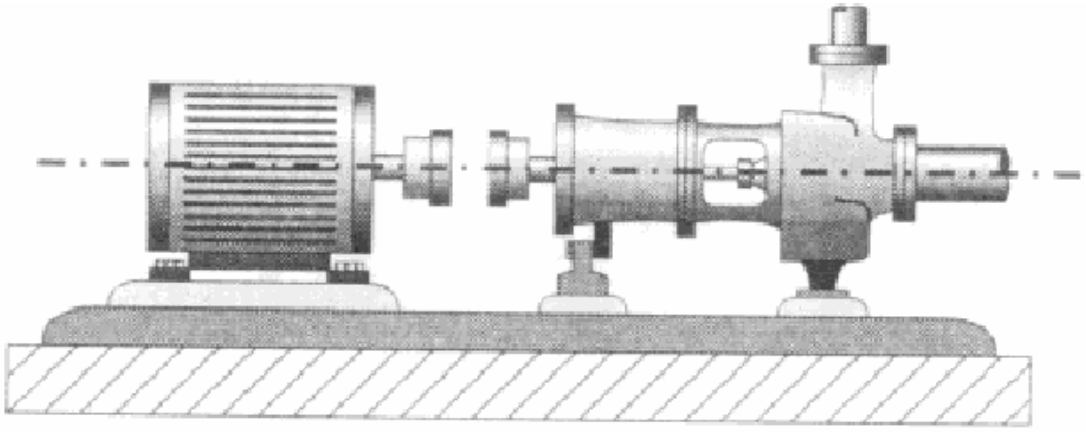
Representa a pressão acima da pressão de vapor requerida pela bomba para que não ocorra a cavitação.

Os fabricantes apresentam o NPSH requerido pela bomba através de curvas levantadas em banco de prova.

O NPSH disponível deve ser sempre maior que o NPSH requerido.

Alinhamento do conjunto:

O alinhamento é o processo pelo qual posicionamos dois eixos de forma que suas linhas de centro fiquem colineares quando em operação.



A vida útil do conjunto girante e o funcionamento do equipamento dependem do correto alinhamento.

O alinhamento executado no fabricante deve ser verificado, uma vez que pode ser afetado durante o transporte e o manuseio do conjunto

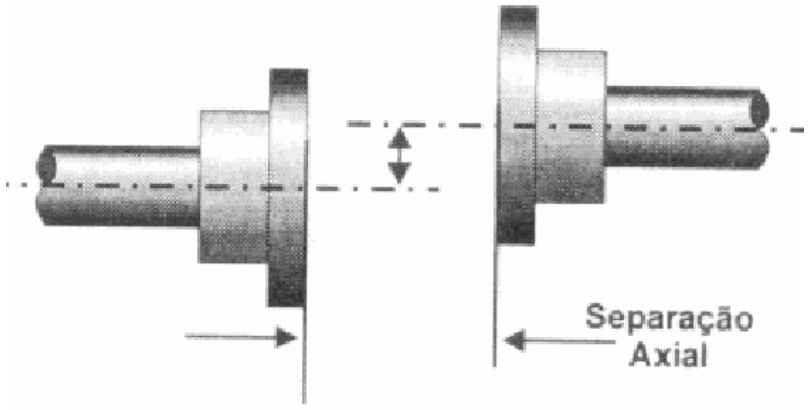
Somente após a cura da argamassa deve ser executado o alinhamento e com as tubulações de sucção e recalque desconectadas.

O alinhamento deve ser efetuado com o auxílio de relógios comparadores, para o controle do deslocamento radial e axial.

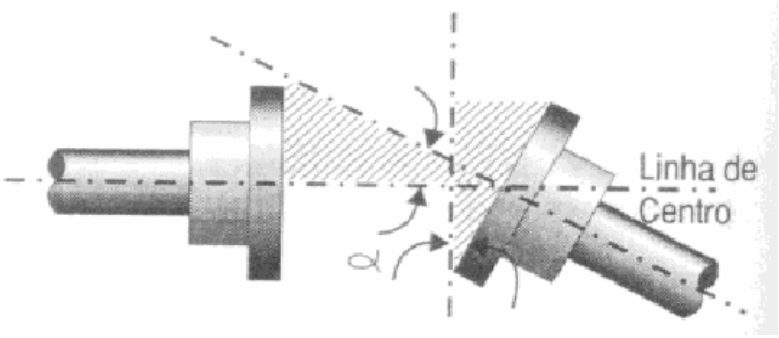
Após conectar as tubulações checar o alinhamento se por ventura tiver alteração, corrigir a tubulação.

Tipos de desalinhamentos:

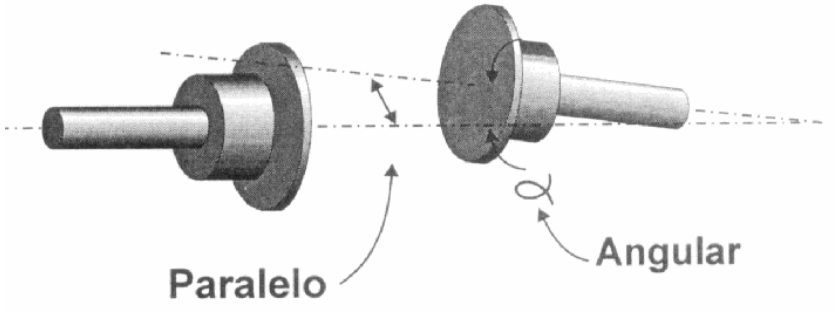
Desalinhamento paralelo puro: Quando suas linhas de centro estão paralelas entre si, porém não coincidentes.



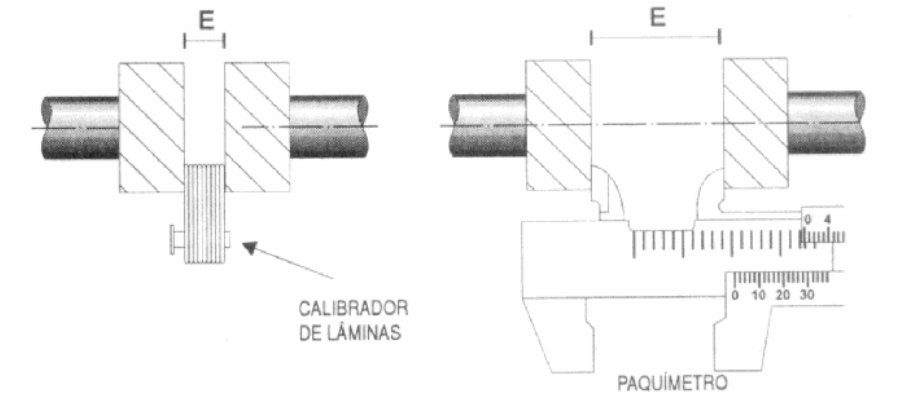
Desalinhamento angular puro: Também chamado de desalinhamento axial. Ocorre quando as linhas de centro dos eixos formam um ângulo entre si, mas os centros dos cubos estão na mesma linha de centro.



Desalinhamento combinado: Quando existe a associação dos dois desalinhamentos anteriores, ou seja, as linhas de centro dos eixos não estão co-planares e formam um ângulo entre si. É o desalinhamento mais encontrado na prática.



Separação Axial: É a distância entre eixos/cubos de acoplamentos recomendada pelo fabricante das luvas de acoplamento, que deverá ser mantida no processo de montagem e de alinhamento.



Porque alinhar?

Eixos mal alinhados são os responsáveis de muitos problemas nas máquinas: Os testes mostram que um alinhamento incorreto é a causa de cerca de 50% de avarias nas máquinas.

Alinhamento pobre ou desalinhamento é a designação utilizada para definir que dois eixos não rodam co-linearmente, ou seja, o eixo de rotação não é o mesmo.

Um mau alinhamento ocasiona:

- aumento de vibrações
- maior consumo de energia
- maior desgaste dos rolamentos
- desgaste excessivo dos acoplamentos.

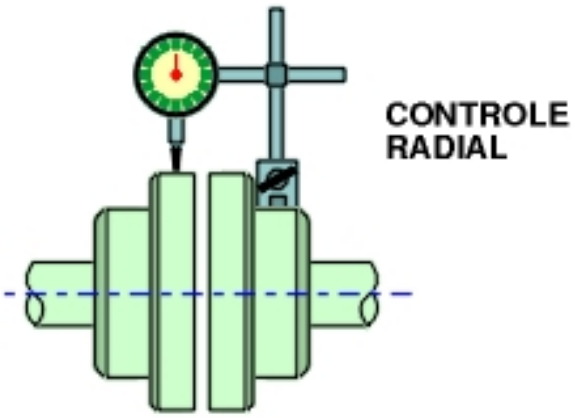
Métodos de alinhamento:

Controle Radial:

Fixar a base magnética do instrumento no diâmetro externo de uma das metades do acoplamento.

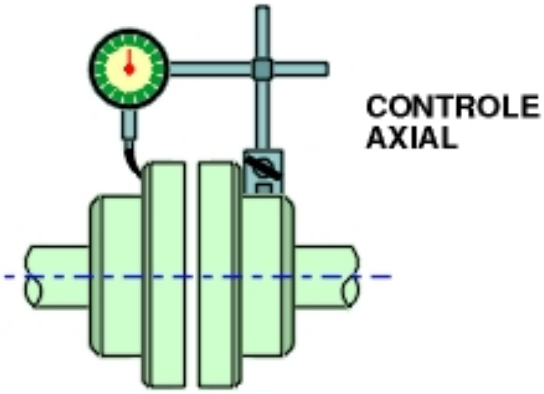
Ajustar o relógio, posicionando o apalpador no diâmetro externo da outra metade do acoplamento.

Zerar o relógio e movimentar manualmente as duas luvas do acoplamento, completando um giro de 360º.



Controle Axial:

Adotar o mesmo procedimento anterior, mas agora com o apalpador do relógio comparador colocado na face lateral do acoplamento.



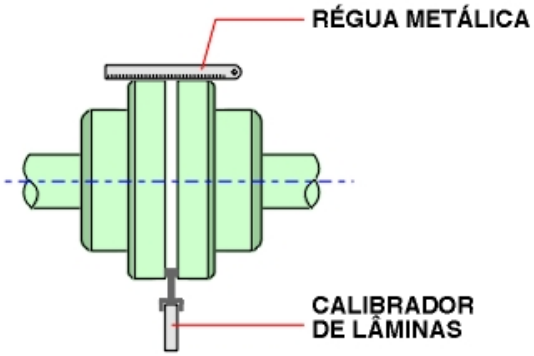
Método Alternativo:

Na impossibilidade de usarmos o relógio comparador, podemos fazer o alinhamento utilizando-se de uma régua metálica e o calibre de lâminas:

Apoiar a régua no sentido longitudinal em uma das partes do acoplamento, efetuando o controle no plano horizontal e vertical em relação a outra.

Utilizar o calibre para o controle do alinhamento no sentido axial.

Observar a folga recomendada pelo fabricante do acoplamento.



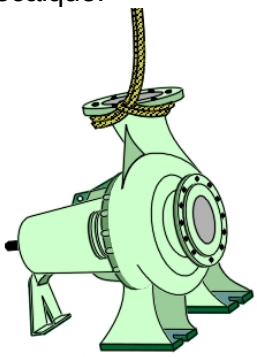
O alinhamento radial e axial deve permanecer dentro da tolerância. Cada modelo oferece uma gama de tolerância distinta para seu acoplamento.

Transporte:

O transporte do conjunto moto-bomba ou da bomba deve ser feito obedecendo as normas básicas de segurança.

Bombas Horizontais ou Monobloco:

Devem ser transportadas usando-se cinta de nylon ou cabo de aço passando pelo pescoço do flange de recalque ou por ganchos colocados nos furos do flange de recalque.

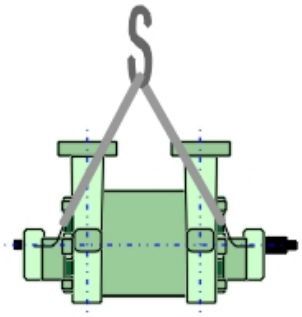


Transporte da bomba através do flange de recalque.

Podem ser transportadas também por dois pontos de apoio, passando-se cinta de nylon ou cabo de aço no flange de sucção e no mancal (NÃO APOIAR NA PONTA DO EIXO).

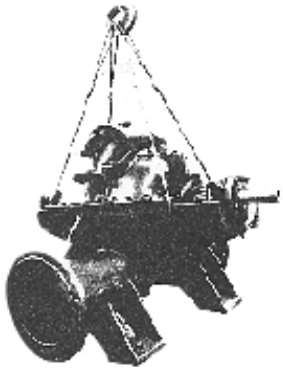
Bomba horizontal multi-estágios:

Devem ser transportadas por dois pontos de apoio passando-se cinta de nylon ou cabo de aço nas porcas ou no diâmetro externo do flange da caixa de gaxeta.



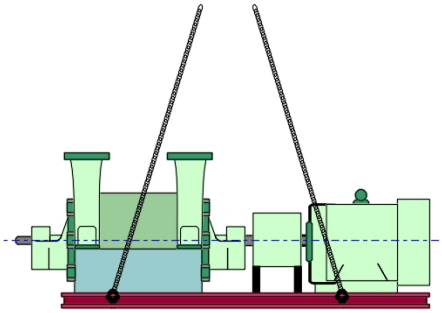
Bomba bi-partida:

Devem ser transportadas por dois pontos de apoio passando-se cinta de nylon ou cabo de aço nos flanges de sucção e recalque ou nos corpos de mancais.



Conjunto moto-bombas sobre base (Skids)

Devem ser transportadas por cinta de nylon ou cabo de aços colocados no flange de sucção da bomba e na parte traseira do motor, ou através de cabo de aço e ganchos colocados nos olhais de içamento da base.



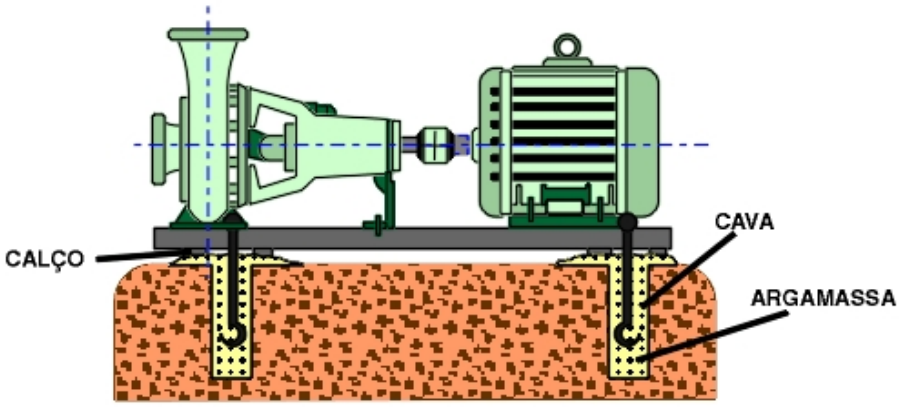
Instalação:

A instalação da bomba deve ser feita por pessoas habilitadas. Quando esse serviço é executado incorretamente, traz como conseqüência transtornos na operação, desgastes prematuros e danos irreparáveis.

Dimensionar corretamente o bloco de fundação para que o equipamento funcione sem vibração.

Não devemos instalar a bomba diretamente sobre o bloco de fundação.

Seguir dimensões básicas do desenho dimensional do conjunto.

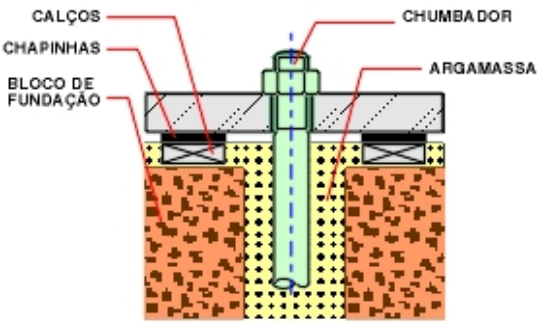


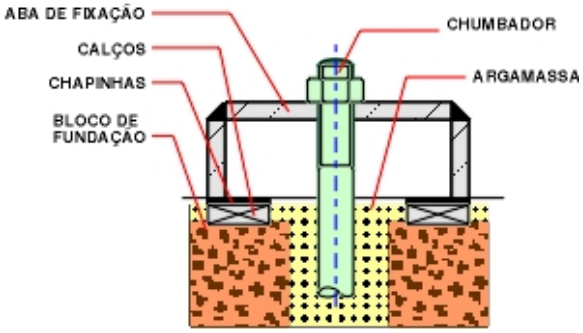
Verificar se a base apóia igualmente em todos os calços.

Apertar as porcas dos chumbadores uniformemente.

Verificar o nivelamento da base no sentido transversal e longitudinal, com o auxílio de um nível com precisão de 0,1 mm/m.

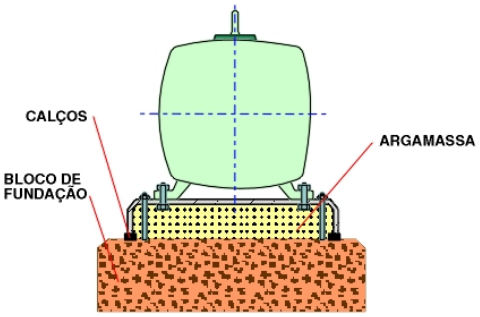
Se ocorrer desnivelamento, soltar as porcas dos chumbadores e introduzir entre o calço metálico e a base, onde for necessário, chapinhas para corrigir o nivelamento.





Enchimento da base:

Para a sólida fixação da base e um funcionamento sem vibrações, devemos preencher o interior da base com argamassa.



Tubulações de sucção e recalque:

Instalação da sucção:

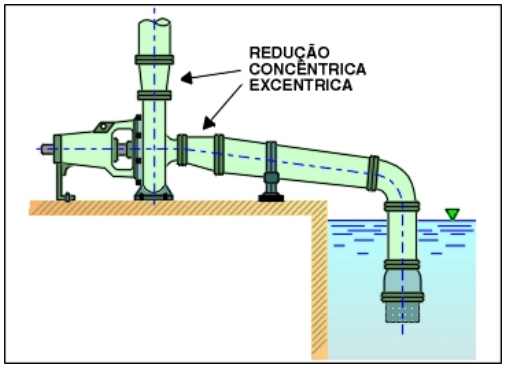
A montagem da tubulação de sucção deve obedecer às seguintes considerações:

- Somente após a cura da argamassa de enchimento da base, do trilho ou da sapata de fundação, é que a tubulação deve ser conectada ao flange da bomba.

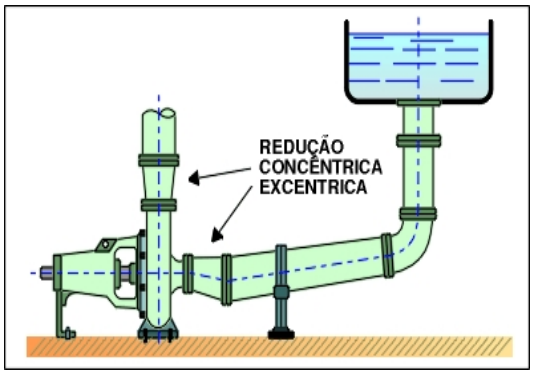
- A tubulação de sucção, tanto quanto possível, deve ser curta e reta, evitando perdas de cargas, e totalmente estanque, impedindo a entrada de ar.

- Para que fique livre de bolsas de ar, o trecho horizontal da tubulação de sucção, quando negativa, deve ser instalado com ligeiro declive no sentido bomba-tanque de sucção. Quando positiva, o trecho horizontal da tubulação deve ser instalado com ligeiro aclive no sentido bomba-tanque de sucção.

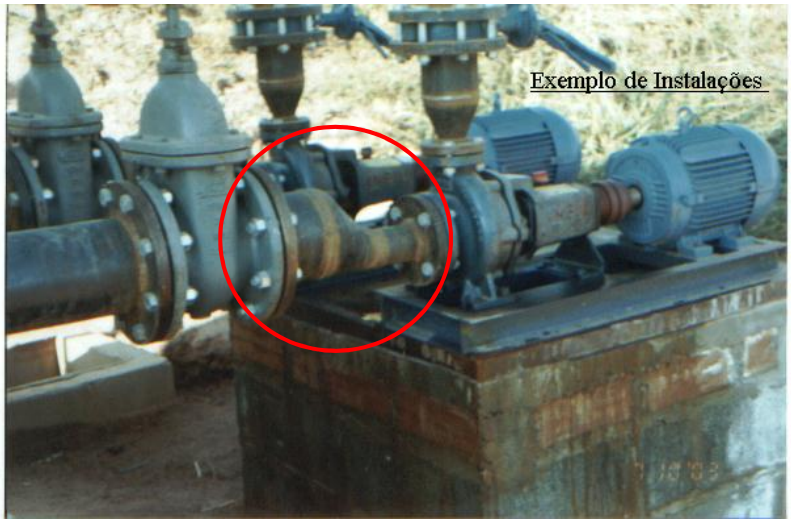
Sucção Negativa



Sucção Positiva



Instalação incorreta da redução excêntrica:



- O diâmetro nominal do flange de sucção da bomba não determina o diâmetro nominal da tubulação de sucção. Para fins de cálculo do diâmetro ideal, como referencial, a velocidade do fluxo pode ser estabelecida entre 1,0 e 2,0 m/s.

- Quando houver necessidade de uso de redução, esta deverá ser excêntrica, montada com o cone para baixo, de tal maneira que a geratriz superior da redução fique em posição horizontal e coincidente com a da bomba, isto é para impedir a formação de bolsas de ar.

- Curvas e acessórios, quando necessários, deverão ser projetados e instalados de modo a propiciar menores perdas de cargas. Por exemplo, dê preferência a curvas de raio longo ou médio.

- O flange da tubulação deve justapor-se ao de sucção da bomba, totalmente livre de tensões, sem transmitir quaisquer esforços à sua carcaça. A bomba nunca deve ser ponto de apoio para a tubulação. Se isto não for observado poderá ocorrer desalinhamento e suas conseqüências: trincas e quebras de peças e outras graves avarias.

- Em sucção positiva é recomendável a instalação de um registro para que o afluxo à bomba possa ser fechado quando necessário. Durante o funcionamento da bomba o mesmo deverá permanecer totalmente aberto.

Tubulação de recalque:

- A ligação da tubulação de recalque ao flange da bomba deverá ser executada com uma redução concêntrica, quando seus diâmetros forem diferentes.

- Prever registro, instalado preferencialmente logo após a boca de recalque da bomba, de modo a possibilitar a regulagem da vazão e pressão do bombeamento, ou prevenir sobrecarga do acionador.

Operação:

Primeira partida:

- Fixar a bomba e seu acionador firmemente à base.

- Fixar a tubulação de sucção e de recalque.

- Fazer as ligações elétricas, certificando-se de que todos os sistemas de proteção do motor encontram-se devidamente ajustados e funcionando.

- Verificar o sentido de rotação do acionador com a bomba desacoplada (para evitar operação à seco ou soltar o acoplamento rosqueado).

- Certificar-se manualmente de que o conjunto girante roda livremente.

- Certificar-se de que o alinhamento do acoplamento foi executado conforme as instruções do manual de serviço.

- Montar o protetor de acoplamento (se houve), certificando-se de que o mesmo não está em contato com as partes girantes.

- **Escorvar a bomba**, isto é, encher a bomba e a tubulação de sucção com água ou com líquido a ser bombeado, eliminando-se simultaneamente o ar dos interiores.

- Certificar-se de que as porcas do aperta gaxeta estão apenas encostadas.

- Abrir totalmente o registro de sucção (quando houver)

- Abrir totalmente o registro de recalque para bombas de baixa vazão e para bombas de alta vazão, abrir parcialmente o registro de recalque, evitando vibrações excessivas no sistema.

Providências após partida:

- Ajustar a bomba para o ponto de operação (pressão e vazão), abrindo-se lentamente a válvula de recalque.

- Controlar a corrente consumida pelo motor elétrico. O valor da corrente nominal encontra-se na plaqueta do motor.

- Certificar-se de que o valor da pressão de recalque é o previsto no projeto.

- Certificar-se de que a bomba opera livre de vibrações e ruídos anormais.

- Controlar a temperatura do mancal. A estabilização da mesma acontece após mais ou menos 2 horas de operação. Essa poderá atingir até 50ºC acima da temperatura ambiente, não devendo, porém, exceder a soma de 90ºC.

- Ajustar o aperta gaxeta até o ponto de gotejamento, evitando apertar o mesmo excessivamente para não danificar a bucha protetora.

Conservação:

Considerações sobre a conservação:

- Bombas e ou peças sobressalentes estocadas por períodos superiores a 1 ano, deverão, a cada 12 meses, ser re-conservadas. Desta forma, no caso de bombas, estas devem ser desmontadas, limpas e protegidas.

- Para bombas montadas COM GAXETA, as mesmas deverão ser retiradas do equipamento antes dele ser armazenado, no caso de um período longo de tempo.

- Os flanges de sucção e descarga das bombas deverão ser devidamente tampados com isopor, papelão, flange cego, etc., a fim de evitar a entrada de corpos estranhos no seu interior.

- No caso de bombas montadas, o conjunto girante deverá ser girado manualmente mais ou menos a cada 15 dias.

- Eixos, buchas, rolamentos, aperta gaxetas, anéis cadeados, e todas as peças a serem despachadas como peças sobressalentes, deverão ser colocadas em embalagem plástica ou mantidas as originais.

- No caso de acessórios sobressalentes de terceiros, por exemplo, selo mecânico, o manual do fabricante deverá ser consultado.

Manutenção:

Para manter os equipamentos com maior disponibilidade para operação, são recomendadas as seguintes supervisões: semanal, mensal, semestral e anual.

Supervisão semanal:

- ponto de operação (pressão e vazão).
- corrente consumida para motor e tensão da rede.
- vibrações e ruídos anormais.
- nível do óleo.
- vazamento das gaxetas.
- pressão de sucção.

Supervisão mensal:

- lubrificação dos mancais.
- temperatura dos mancais.

Supervisão semestral:

- parafusos de fixação da bomba, do acionador e da base
- alinhamento do conjunto bomba-acionador.
- substituir o engaxetamento, se necessário.
- tubulações e conexões auxiliares.

Supervisão anual:

- desmontar a bomba para verificação do estado interno da mesma. Após a limpeza, inspecionar todas as peças.
- se a bomba foi desmontada, substituir o óleo lubrificante dos mancais.

Manutenção Preditiva:

É aquela que controla o estado de funcionamento das máquinas em operação, através de instrumentos de medição, para prever falhas ou detectar alterações nas condições físicas que requeiram a manutenção.

Objetivos:

- determinar, quando for necessário, um serviço de manutenção em algum componente específico da máquina;
- realizar inspeções internas, eliminando desmontagens desnecessárias;
- aumentar o tempo disponível dos equipamentos;
- minimizar os serviços de emergência ou não planejados;
- impedir a extensão dos prejuízos;
- aumentar a confiabilidade de um equipamento ou de uma linha de produção;
- determinar, com antecedência em relação a uma parada programada, quais os equipamentos que requeiram revisão.

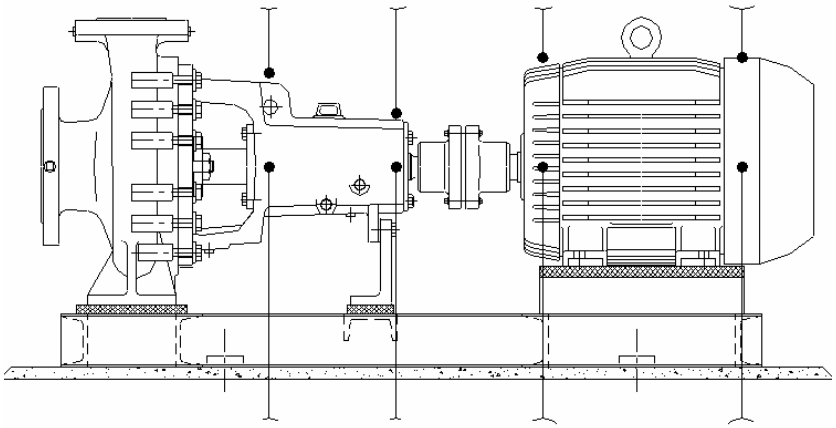
Aspectos gerais:

A manutenção preditiva é feita através da medição de vibração com aparelhos portáteis, podendo identificar defeitos como:

- desbalanceamento do rotor;
- desalinhamento de acoplamento ou mancal;
- empenamento do eixo;
- rolamentos danificados;
- peças frouxas.

Sua implantação requer investimentos com equipamentos e no treinamento para qualificação de pessoal de manutenção.

Pontos de verificação de vibração e ruído:



Manutenção Preventiva:

É aquela que concentra todo o esforço para evitar que um equipamento sofra uma parada imprevista, que poderia acarretar sérios transtornos à produção.

Objetivos:

- estabelecimento da freqüência ideal de revisão de equipamentos;
- determinar a troca de algum componente específico, quando necessário;
- aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- minimizar os serviços de urgência ou não planejados;
- impedir a extensão dos prejuízos;
- aumentar a confiabilidade de um equipamento ou linha de produção.

Aspectos gerais:

A manutenção preventiva é de vital importância para a empresa, contudo devemos levar em consideração certos aspectos na sua implantação, como:

- analisar a importância do equipamento na produção, pois muitas vezes impossibilita a parada para manutenção;
- providenciar a disponibilidade de peças sobressalentes;
- estabelecer um controle sistemático de manutenção. Isto facilita a execução, cresce a eficiência e obtêm-se dados como: custo, eficiência individual, etc;
- montar uma equipe especializada para o cumprimento dessas tarefas

Manutenção Corretiva:

É aquela que se corrigem os defeitos e falhas já ocorridos, procurando, sempre, evitar que os mesmos se repitam, podendo ser realizada em caráter de emergência ou não.

Objetivos:

- correção de um defeito que está se apresentando no equipamento em operação;
- aumentar o tempo disponível do equipamento;
- minimizar os serviços de emergência;
- impedir a extensão dos prejuízos;
- aumentar a confiabilidade do equipamento e da linha de produção;
- correção do defeito que levou o equipamento ao colapso.

Aspectos gerais:

A manutenção corretiva á realizada após definir a necessidade da revisão de uma bomba, através de critérios de inspeção que justifique uma parada, sempre que houver:

- alterações das características hidráulicas (baixo rendimento), prejudicando o sistema de bombeamento;
- altas temperaturas nos mancais;
- ruídos excessivos;
- corrente do motor elevada;
- vibrações excessivas;
- necessidade de manutenção preventiva.

Sugerimos que os equipamentos possuam registro individual, onde serão anotados todos os dados e ocorrências com os mesmos, e mantidos em arquivos.

Inspeção e reparo dos componentes:

Após ter desmontado a bomba, limpe todos os componentes e verifique se há áreas desgastadas ou avariadas.

CORPO ESPIRAL: Inspecione a superfície para observar áreas avariadas que podem ocasionar vazamentos. Verifique as superfícies dos anéis de desgaste, quanto ao desgaste. Efetue a troca do corpo sempre que apresentar trincas, parede com espessura comprometedora, quebra na região de fixação, falta de paralelismo entre as superfícies de contato ou folga excessiva no diâmetro de fixação.

ROTOR: Inspecione as superfícies submetidas a desgaste e a face da junta no cubo do rotor, quanto a avarias. Efetuar a troca do rotor sempre que apresentar trincas, quebras de pá que comprometam a eficiência do sistema, rugosidade e incrustações excessivas, desgastes nas regiões de vedação e paredes com espessura comprometedora.

EIXO: Inspecione as superfícies do eixo por completo e caso apresente trincas, quebras, roscas estragadas, acabamento superficial inadequado, região da gaxeta amassada, região com interferência desgastada, batimentos radiais e axiais acima do especificado, deve ser trocado.

ANÉIS DE DESGASTE: Efetuar a medição dos anéis de desgaste e calcular a folga diametral do mesmo, que deverá estar dentro da especificação do fabricante, caso isso não ocorra, trocar a peça.

LUVA PROTETORA: Verifique quanto a avarias na superfície de assentamento de juntas, lado do rotor e junta interna ou rasgos do anel de vedação. Deve ser trocada quando apresentar sulcos prejudiciais a gaxeta, trincas, batimento radial e axial maior que 0,08 mm. Para imperfeições superficiais pode ser usinado o diâmetro externo da luva em até 1 mm.

SUPORTE DE MANCAL: Inspecione e verifique se o suporte apresenta trincas, quebras ou quando as regiões de interferência apresentam desgastes.

DIFUSOR: Deve ser trocado quando apresentar trinca, quebra nas paredes ou pás, rugosidade e incrustações excessivas, de tal maneira que comprometa a eficiência do equipamento.

Itens de troca obrigatória:

- Anel de vedação
- Junta plana
- O ring
- Retentor

Questionário:

1. Defina o que são bombas:

2. Diferencie bombas hidrostáticas e bombas hidrodinâmicas:

3. O que são bombas com rotor em balanço e bombas com rotor entre-mancais?

4. O que são bombas multi-estágios? Para que servem?

5. Explique a utilização dos rotores fechado, aberto e semi-aberto:

6. Em quais bombas são usados os difusores? Para que eles servem?

7. Qual a função da luva protetora do eixo?

8. Qual a função do anel cadeado?

9. Qual a função do anel centrifugador?

10. Qual a função do anel de desgaste?

11. Quais os tipos de vedação do fluido bombeado podem ser utilizados em uma bomba centrifuga?

12. Quais as forças que uma bomba centrífuga está submetida?

13. Uma bomba possui a seguinte inscrição: ABC 25-150. Qual o significado dessa inscrição?

14. O que indica uma curva característica de uma bomba centrífuga?

15. Explique o que é cavitação:

16. Cite 2 problemas causados por cavitação:

17. Porque devemos alinhar os eixos da bomba e do motor? Quais problemas um mau alinhamento trás para o sistema?

18. Explique o que sucção negativa e positiva.

19. Explique o que é escorvar uma bomba.

20. Quais itens de uma bomba centrífuga devem ser trocados obrigatoriamente na desmontagem?